

**ANALISA OPTIMASI PENENTUAN LETAK OPTIMUM LIGHTNING
ARRESTER PADA GARDU INDUK WONOGIRI 150 KV**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata 1
Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

DAVID KURNIAWAN

D400140054

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2018**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISA OPTIMASI PENENTUAN LETAK OPTIMUM LIGHTNING
ARRESTER PADA GARDU INDUK WONOGIRI 150 kV**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

DAVID KURNIAWAN

D 400 140 054

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



ucc pddm
24/2-2018

ARIS BUDIMAN, S.T. M.T

NIK.885

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISA OPTIMASI PENENTUAN LETAK OPTIMUM LIGHTNING
ARRESTER PADA GARDU INDUK WONOGIRI 150 kV**

OLEH

DAVID KURNIAWAN

D 400 140 054

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Kamis, 26 Juli 2018
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji:

- 1. Aris Budiman, ST. MT
(Ketua Dewan Penguji)**
- 2. Tindyo Prasetyo, ST
(Anggota I Dewan Penguji)**
- 3. Hasyim Asy'ari, ST. MT
(Anggota II Dewan Penguji)**

(.....)
(.....)
(.....)

Dekan,



Ir. Sri Sunariono, M.T. Ph. D

NIP. 628

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 26 Juli 2018

Penulis



DAVID KURNIAWAN

D 400 140 054

ANALISA OPTIMASI PENENTUAN LETAK OPTIMUM LIGHTNING ARRESTER PADA GARDU INDUK WONOGIRI 150 KV

Abstrak

Arrester merupakan alat proteksi untuk melindungi peralatan pada Gardu Induk Wonogiri 150 kV terhadap surja petir maupun surja hubung, dalam pemasangan arrester terdapat letak optimum yaitu dimana arrester melindungi peralatan sesuai dengan jarak yang ditentukan. Letak optimum dari arrester sendiri sangat mempengaruhi kinerja dari arrester tersebut dalam melindungi peralatan. Tujuan dari penilitan ini adalah untuk menentukan jarak maksimum dari arrester pada Gardu Induk Wonogiri 150 kV dan membandingkan dengan jarak pada lapangan, perhitungan jarak maksimum dilakukan agar dapat memperbaiki sistem agar lebih optimal dan bekerja sangat efektif. Penelitian ini menggunakan single line diagram dari gardu induk untuk menganalisa arrester dan trafo yang terpasang pada gardu induk, trafo dan arrester yang dianalisa dalam penelitian ini adalah trafo I tipe CG PAUWELS, arrester I by trafo 1 tipe OHIO BRAS PH310GV132, dan arrester II bay rayum 2 tipe ABB AB EXLIM P150-GV170. Metode yang digunakan untuk menyelesaikan perhitungan jarak maksimum arrester dengan metode optimasi, dengan menentukan nilai maksimum paling optimal. Hasil dari analisa penentuan letak optimum Lightning Arrester pada Gardu Induk Wonogiri 150 kV mendapatkan hasil jarak maksimum antara arrester dan trafo yaitu 22,48 m, sedangkan di lapangan jarak arrester I 3 m dan jarak arrester II 25 m. Untuk jarak arrester I sangat bagus untuk melindungi bagian khusus trafo dan tidak bagus untuk melindungi bagian sistem jaringan busbar/line, sedangkan untuk arrester II tidak bagus untuk melindungi trafo karena masih jauh diatas jarak maksimum, tapi sangat bagus untuk melindungi bagian sistem jaringan.

Kata Kunci : Penentuan Letak Optimum, Jarak Maksimum, Lightning Arrester

Abstract

Arrester is a tool to protect protection equipment on 150 kV Substation Wonogiri Parent against lightning or surja surja hyphen, in the installation of the arrester there is optimum layout i.e. where the arrester protects the equipment corresponds to the distance specified. Optimum layout of the arrester himself greatly affects the performance of the arrester to protect equipment. The goal of penilitan is to determine the maximum distance of the arrester at the Substation Wonogiri Stem 150 kV and compare with the distance on the field, the calculation of the maximum distance meperbaiki can be done in order for the system to be more optimal and work very effective. This research uses a single line diagram of the parent booths to analyze the arrester and transformer substation attached to a stem, transformer and arrester are analyzed in this research is the transformer I type CG PAUWELS, arrester I by the transformer type 1 OHIO BRAS PH310GV132, and arrester II bay rayum 2 type ABB AB EXLIM P150-GV170. The methods used to complete the calculation of the maximum distance arrester with optimization method, by determining the maximum value the most optimal. The result of the analysis of the determination of the optimum layout of Lightning Arrester at the Substation Wonogiri 150 kV Parent get the maximum distance between the transformer and arrester i.e. 22.48 m, while in the field distance arrester I 3 m and a distance of arrester II 25 m. distance to the arrester I very nice to protect the special transformer and not nice to protect the network system busbar/line, at the same time

for arrester II to protect the transformer is not good because it is still far above the maximum distance, but very good to protect part of the network system.

Keywords : *Determination Of Optimum Layout, Maximum Distance, Lightning Arrester*

1. PENDAHULUAN

Tenaga Listrik saat ini merupakan sumber energi yang sangat penting bagi umat manusia baik untuk kegiatan industri, kegiatan komersial maupun dalam kehidupan sehari-hari. Pembangkit listrik menghasilkan energi listrik yang nantinya akan disalurkan dari transmisi ke gardu induk, gardu induk mempunyai peranan penting yaitu menyalurkan energi listrik dari pembangkit sampai ke konsumen. Dalam proses penyaluran energi listrik dari gardu induk ke konsumen seringkali terjadi gangguan, gangguan listrik pada gardu induk disebabkan oleh dua faktor yaitu faktor internal dan eksternal. Faktor internal seperti kurang baiknya peralatan itu sendiri sedangkan faktor eksternal seperti human error dan juga bisa gangguan alam seperti petir, gempa, banjir, angin dan lain - lain. Maka dari itu sistem proteksi pada gardu induk mempunyai peranan sangat penting sebagai pengaman pada peralatan listrik yang terdapat pada gardu induk, Salah satu sistem proteksi pada gardu induk adalah Lightning Arrester yaitu sebagai pelindung instalasi listrik, peralatan listrik, alat elektronik saat terjadi lonjakan tegangan atau tegangan lebih (*over voltage*), tegangan lebih dapat disebabkan oleh sambaran surja petir atau surja hubung.

Lightning Arrester merupakan peralatan yang paling penting untuk melindungi gardu induk dari tegangan tinggi, arrester memiliki peran penting dalam gardu induk untuk membatasi switching dan lonjakan petir lalu lonjakan petir dialirkan ke tanah. Penempatan arrester untuk tegangan tinggi gardu induk dapat ditentukan dengan beberapa evaluasi dan proses merancang gardu induk, oleh karena itu kegagalan arrester selama overvoltage dapat menyebabkan gardu induk berada dalam resiko kerusakan. Analisis studi mengungkapkan bahwa arrester dapat meningkatkan keandalan gardu induk, tapi keandalan tersebut juga bisa menurun seiring berjalannya waktu. (Seyed Ahmad Hosseini and Taghi Barforoshi, 2015).

Setiap sistem tenaga listrik perlu dilindungi dari lonjakan petir, untuk mencegah kerusakan pada sistem tenaga listrik, dengan perancangan yang baik dan benar sangat penting sebagai pertimbangan perlindungan sistem tenaga listrik. Discharge petir dapat merusak sistem tenaga listrik yang biasanya memiliki tingkat perlindungan rendah yang disebabkan oleh sambaran surja

petir atau surja hubung, perancangan dan konfigurasi arrester ditujukan untuk melindungi peralatan tertentu yang sangat vital bagi sistem tenaga listrik misalkan trafo bagi gardu induk. (Mbunwe Muncho Josephine & Gbasouzor Austin Ikechukwu, 2017).

Penentuan posisi optimum arrester sangat mempengaruhi dalam melindungi sistem tenaga listrik dan meminimalkan resiko kegagalan, sehingga memungkinkan pemeliharaan skema perlindungan yang tepat di masing – masing jaringan, sebagai akibatnya biaya perlindungan menjadi berkurang sesuai dengan biaya dari unsur – unsur yang dilindungi. (A.L. Orille-Fernandez, S.B. Rodriguez, Ma.A.G. Gotes, 2004).

Sambaran petir merupakan gejala alam yang dianggap sebagai salah satu penyebab kerusakan dalam sistem jaringan distribusi, sambaran petir langsung biasanya menyebabkan flashover karena tingkat isolasi yang digunakan, overvoltages yang disebabkan oleh petir tidak langsung biasanya lebih rendah dan dapat dikurangi dengan arrester. Oleh karena itu tingkat flashover dapat dikurangi dengan mengoptimalkan arrester dan lokasi penempatan. (Mbunwe Muncho Josephine & Gbasouzor Austin Ikechukwu, 2017).

Mengoptimalkan lokasi arrester di jaringan distribusi dapat meningkatkan kinerja dari jaringan distirbusi tersebut dalam melindungi peralan terhadap induksi petir. (Seyed Ahmad Hosseini and Taghi Barforoshi, 2015).

Untuk mencegah terjadinya hal tersebut maka setiap pemasangan gardu induk harus dilengkapi dengan arrester. Agar mendapatkan hasil terbaik dari arrester diperlukan penempatan arrester yang optimum yang sangat mempengaruhi fungsi dan kinerja arrester tersebut dalam melindungi peralatan dari tegangan lebih.

2. METODE

2.1 Rancangan Penelitian

Penelitian tugas akhir ini penulis menggunakan rancangan penelitian sebagai berikut :

1) Studi literatur

Studi Literatur merupakan kajian penulis dalam mencari mencari refrensi – refrensi berupa jurnal, buku, karya ilmiah, internet dan media massa yang bersangkutan dengan penelitian.

2) Pengumpulan data

Pengumpulan Data diperoleh dengan melakukan penelitian langsung di Gardu Induk Wonogiri 150 *kV*, dengan bimbingan dari pegawai gardu induk.

3) Analisa data

Analisa Data merupakan tentang proses pemahaman data yang diperoleh dari gardu induk dan melakukan analisa agar dapat mengetahui baik atau tidak sistem itu bekerja.

4) Pengujian dan perbandingan data

Pengujian dan Perbandingan Data yaitu melakukan pengujian data yang telah di analisa lalu membandingkan dengan hasil data lapangan yang selanjutnya ditarik kesimpulan dari hasil penelitian tersebut.

2.2 Peralatan Utama dan Pendukung

Peralatan Utama dan Pendukung yang digunakan dalam melakan penelitian antara lain :

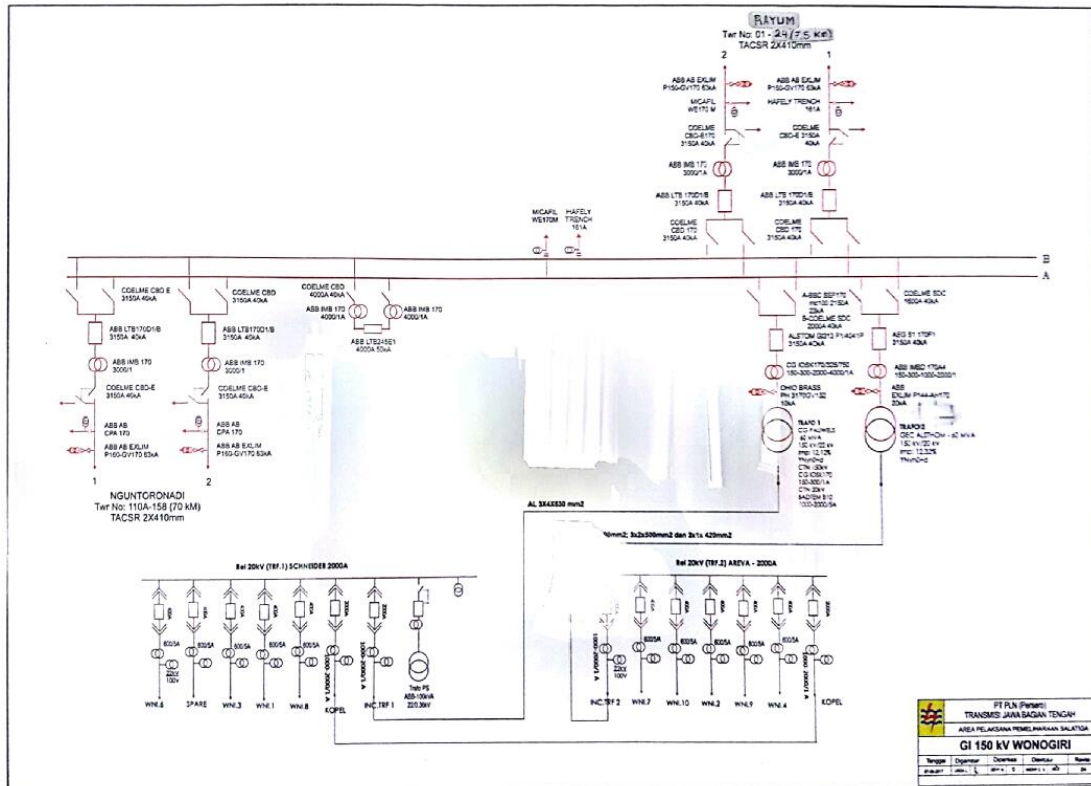
1) PC (*Personal Commputer*) / Laptop.

2) Penggunaan alat ukur tahanan isolasi yaitu menggunakan alat ukur magger.

3) Printer untuk mencetak hasil dari penelitian.

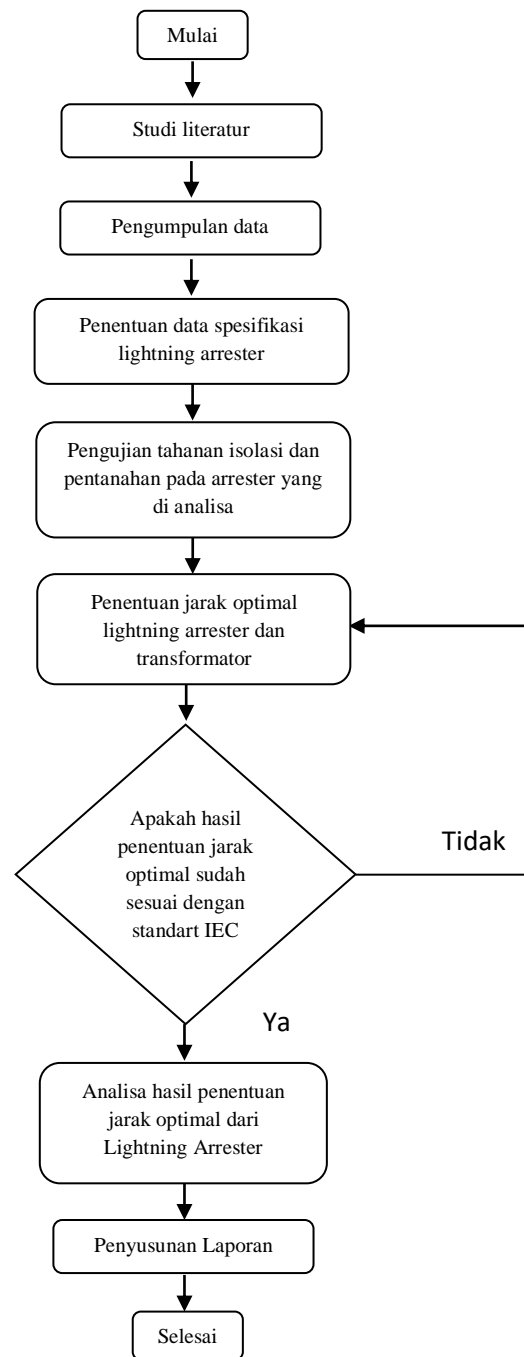
2.3 Gambaran Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Penelitian ini mengambil data dari Gardu Induk Wonogiri 150 *kV*, berikut merupakan data gambar single line diagaram.



Gambar 1. Single line diagram

2.4 Flowchart Penelitian



Gambar 2. Flowchart penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Lightning Arrester

Lightning Arrester merupakan alat proteksi pada Gardu Induk yang didesain sebagai pelindung bagi peralatan listrik terhadap tegangan lebih, yang disebabkan oleh surja petir atau surja hubung . Arrester bersifat by-pass disekitar isolasi yang membentuk jalan yang mudah untuk dilalui arus kilat ke sistem pentanahan sehingga tidak menimbulkan tegangan lebih yang tinggi dan tidak merusak isolasi peralatan listrik, by-pass ini harus sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu aliran daya sistem frekuensi 50 Hz. Pada keadaan normal arrester berlaku sebagai isolator, tapi saat timbul tegangan bersifat surja alat ini bersifat konduktor yang tahananannya bersifat rendah, sehingga dapat mengalirkan arus surja ketanah, setelah surja hilang maka arrester harus dengan cepat kembali menjadi isolator, sehingga pemutus tenaga (PMT) tidak sempat terbuka. Sesuai dengan fungsinya, yaitu arrester sebagai pelindung peralatan listrik pada sistem jaringan terhadap tegangan lebih. Maka pada umumnya arrester dipasang pada setiap ujung SUTT yang memasuki Gardu Induk, pada Gardu Induk ada kalanya arrester dipasang pada Transformator dan peralatan lainnya untuk menjamin terlindungnya peralatan tersebut dari tegangan lebih.

3.2 Lightning Arrester yang Terpasang pada Gardu Induk Wonogiri 150 Kv

Arrester yang terpasang pada Gardu Induk Wonogiri 150 kV ada 6 arrester, yang 4 terpasang di ujung saluran yang gunanya untuk melindungi peralatan sistem jaringan khususnya bagian sistem jaringan busbar / line, untuk arrester 2 ditempatkan di sekitar trafo sebagai pengaman khusus trafo. Arrester yang akan dikaji dalam analisa ini hanya arrester yang terpasang pada bay trafo 1 dan arrester yang terpasang pada bay rayum 2, berikut merupakan data arrester yang dianalisa :

3.2.1. Lightning arrester yang terpasang bay Trafo 1

Merk	: Ohio Brass
Type	: PH310GV132
Rated Voltage	: 150 kV
Rated Current	: 10 KA

3.2.2. Lightning arrester yang terpasang pada bay Rayum 2

Merk	: ABB
------	-------

Type : *AB EXLIM P150 – GV170*
 Rated Voltage : *150 kV*
 Rated Current : *63 KA*

3.3 Nameplate Lightning Arrester / Lightning Arrester Keseluruhan

Daftar arrester yang terpasang pada Gardu Induk Wonogiri 150 *kV*

Tabel 1. Nameplate arrester

No	Merk / Type	Terpasang	Rated Current	Voltage
1.	ABB AB EXLIM P160- GV170	Bay P. Ngutoronadi 1	63 KA	150 <i>kV</i>
2.	ABB AB EXLIM P160- GV170	Bay P. Ngutoronadi 2	63 KA	150 <i>kV</i>
3.	ABB AB EXLIM P150- GV170	Bay Rayum 1	63 KA	150 <i>kV</i>
4.	ABB AB EXLIM P150- GV170	Bay Rayum 2	63 KA	150 <i>kV</i>
5.	OHIO BRAS PH310GV132	Trafo 1	10 KA	150 <i>kV</i>
6.	ABB EXLIM P144-AH170	Trafo 2	20 KA	150 <i>kV</i>

3.4 Pemilihan Tingkat Pengenal Lightning Arrester

Menentukan tegangan pengenal pada arrester pada gardu induk ada beberapa hal yang diperhatikan dan itu sesuai dengan tegangan arrester saat bekerja sesuai dengan karakteristiknya, karakteristik arrester dapat dilihat pada gambar 3.

3.4.1. Karakteristik arrester

Arrester rating	F.O.W	10 kA Light and Heavy-duty and 5 kA Series A \ddagger		5 kA, Series B \ddagger		2.5 kA		1.5 kA
kV rms	kV/ μ s	Std.** kV, peak	F.O.W.* kV, peak	Std.** kV, peak	F.O.W.* kV, peak	Std.* kV, peak	F.O.W.* kV, peak	F.O.W.* kV, peak
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.175	10	-	-	-	-	2.2	3.3	3.3
0.280	10	-	-	-	-	2.5	3.0	4.3
0.500	10	-	-	-	-	3.0	4.3	4.3
0.660	10	-	-	-	-	5.0	6.0	6.0
3	25	13	15	21	26	13	15	
4.5	37	17.5	20	-	36	17.5	20	
6	50	22.6	26	40	44	22.6	26	
7.5	62	27	31	-	52	27	31	
9	75	32.5	38	58	59	32.5	38	
10.5	87	38	44	-	-	38	44	
12	100	43	50	70	73	43	50	
15	125	54	62	80	83	54	62	
18	150	65	75	85	91	65	75	
21	175	76	88	\ddagger	106	76	88	
24	200	87	100	\ddagger	121	87	100	
27	225	97	112	\ddagger	133	97	112	
30	250	108	125	\ddagger	143	108	125	
33	275	119	137	\ddagger	\ddagger	119	137	
36	300	130	150	\ddagger	\ddagger	130	150	
39	325	141	162	\ddagger	\ddagger			
42	350	151	174					
51	425	184	212					
54	450	195	224					
60	500	216	250					
75	625	270	310					
84	700	302	347					
96	790	324	371					
102	830	343	394					
108	870	363	418					
120	940	400	463					
126	980	420	485					
138	1030	460	530					
150	1080	500	577					
174	1160	570	660					
186	1180	610	702					
198	1200	649	746					
16 225	1200	3.28U _r **	3.78U _r **					

Gambar 3. Karakteristik arrester

3.4.2. Menentukan tegangan pengenalan arrester

Tegangan pengenalan arrester merupakan tegangan rms fasa ke fasa tertinggi dikalikan dengan koefisien pembumian :

a) Tegangan sistem maksimum

$$= V_{nominal} + 10 \% \quad (1)$$

$$= 150 \times 1,1$$

$$= 165 \text{ kV}$$

b) Tegangan pengenalan arrester

$$= 165 \text{ kV} \times 1,0 \quad (2)$$

$$= 165 \text{ kV}$$

c) Menentukan tegangan terminal arrester

Arrester yang digunakan mempunyai tegangan pengenalan 150 kV dengan kecuraman surja (dv/dt) dari tabel karakteristik arrester adalah 1080 kV/ μ detik. Jadi kecepatan naiknya tegangan surja adalah :

$$\frac{1080 \text{ kV} / \pi \text{ detik}}{150 \text{ kV}} = 7,2 \text{ kV} / \pi \text{ detik} \quad (3)$$

d) Menentukan tegangan percikan impuls maksimum

Untuk menentukan besar tegangan percikan impuls maksimum dengan tegangan pengenalan arrester 150 kV, maka dengan menggunakan tabel karakteristik diperoleh tegangan percikan impuls maksimum sebesar 577 kV.

e) Menentukan tegangan kerja arrester

Untuk menentukan tegangan kerja arrester dapat digunakan tabel karakteristik, dari tabel diperoleh tegangan kerja arrester sebesar 500 kV.

3.4.3. Menentukan Arus Pelepasan Arrester

Merupakan arus pelepasan dengan harga puncak dan bentuk gelombang tertentu yang digunakan untuk menentukan kelas dari arrester sesuai dengan kemampuan melewati arus dan karakteristik perlindungan.

a) Menentukan harga puncak arrester

Isolator yang digunakan pada Gardu Induk Wonogiri 150 kV adalah isolator gantung anti fog, dengan mempunyai besaran tingkat isolasi dasar (TID saluran) 750 kV.

Maka harga puncak surja :

$$\begin{aligned} V_{puncak} &= 1,2 \times TID_{saluran} \\ &= 1,2 \times 750 \text{ kV} \\ &= 900 \text{ kV} \end{aligned} \quad (4)$$

b) Menentukan impedansi kawat surja

Jenis kawat penghantar pada menara SUTT 150 kV yang digunakan ACSR (Alumunium Conductor Steel-Reinforced) 240/40 mm², dengan diameter 21,9 m. Tinggi kawat penghantar paling atas (top conductor) 32 m. Jenis kawat tanah yang digunakan adalah GSW (Ground Stell Wire) 50 mm² dengan diameter 9 mm². Tinggi kawat tanah 36 m, dengan andong rata – rata 6 m.

$$Z_s = 60 \ln \frac{2h}{r} \quad (5)$$

Keterangan :

$$h = \text{Tinggi kawat penghantar} = 32 \text{ m}$$

$$r = \text{Jari – jari konduktor kawat} = \frac{d}{2}$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{21,9}{2} \\ &= 10,95 \text{ mm} \\ &= 10,95 \cdot 10^{-2} \text{ m} \end{aligned}$$

Dengan demikian :

$$\begin{aligned} Z_s &= 60 \ln \frac{2 \times 32}{10,95 \times 10^{-2}} \\ &= 347,61832 \Omega \end{aligned}$$

c) Menentukan arus pelepasan nominal arrester

Arus pelepasan arrester nominal arrester digunakan untuk menentukan kelas dari arrester, arus pelepasan nominal arrester yang diperoleh adalah :

$$\begin{aligned} I_a &= \frac{2 V_{puncak} - V_a}{Z_s} \\ &= \frac{(2 \times 78000 - 50000)}{347,61832} \\ &= 304,93215 \text{ kA} \end{aligned} \quad (6)$$

d) Menentukan faktor perlindungan arrester

Dalam menentukan factor perlindungan, maka yang pertama – tama dihitung adalah tingkat perlindungan arrester yaitu :

Tingkat perlindungan :

$$\begin{aligned} &= V_a \times 10\% \\ &= V_a \times 1,1 \end{aligned} \quad (7)$$

$$= 500 \times 1,1$$

$$= 550$$

Jadi diperoleh factor perlindunganya adalah :

$$Fp = \frac{TID \text{ trafa} - TP}{TID \text{ trafa}} \times 100\%$$

$$Fp = \frac{650 - 550}{650} \times 100\%$$

$$Fp = 15,385 \%$$

3.5 Pengujian Tahanan Isolasi Lightning Arrester

Pengoperasian pada peralatan gardu induk, khususnya pada arrester alangkah baiknya jika diketahui berapa besarnya tahanan isolasinya, maka dari itu sangat penting untuk melakukan pengujian tahanan isolasi agar mengetahui seberapa amankah jika alat tersebut dioperasikan, tidak peduli alat itu baru maupun alat lama. Pengujian tahanan isolasi pada arrester dapat menggunakan alat ukur Megger (Mega Ohm Meter). Megger adalah alat ukur yang prinsip kerja seperti alat ukur ohm meter, yaitu memberikan tegangan dari alat ukur ke isolasi peralatan, karena nilai resistance yang tinggi maka diperlukan tegangan yang cukup tinggi agar arus dapat mengalir, tegangan pengukuran pada megger tergantung juga pada tegangan kerja dari alat yang diukur. Pada pengukuran tahanan isolasi arrester menggunakan alat ukur megger dengan tegangan alat ukur 5000 V dan batas alat ukur 200.000 MΩ, untuk pengujian tahanan isolasi dianggap baik apabila > 150.000 MΩ.

3.5.1. Hasil pengukuran tahanan isolasi arrester bay trafo 1

Tabel 2. Hasil pengukran tahanan isolasi arrester bay trafov1 R,S,T

Fasa R		
Titik Ukur	Standart	Hasil Ukur
Atas – Tanah	1 kV / 1 MΩ	162.000 MΩ
Tengah – Tanah	1 kV / 1 MΩ	61.000 MΩ
Bawah - Tanah	1 kV / 1 MΩ	148.000 MΩ
Fasa R		
Titik Ukur	Standart	Hasil Ukur
Atas – Tanah	1 kV / 1 MΩ	175.000 MΩ

Tengah -Tanah	$1\text{ kV} / 1\text{ M}\Omega$	$54.000\text{ M}\Omega$
Bawah - Tanah	$1\text{ kV} / 1\text{ M}\Omega$	$141.000\text{ M}\Omega$
Fasa T		
Titik Ukur	Standart	Hasil Ukur
Atas – Tanah	$1\text{ kV} / 1\text{ M}\Omega$	$138.000\text{ M}\Omega$
Tengah - Tanah	$1\text{ kV} / 1\text{ M}\Omega$	$47.000\text{ M}\Omega$
Bawah - Tanah	$1\text{ kV} / 1\text{ M}\Omega$	$136.000\text{ M}\Omega$

3.5.2. Hasil pengukuran tahanan isolasi arrester bay rayum 2

Tabel 3. Hasil pengukuran tahanan isolasi arrester bay rayum 2 R,S,T

Fasa R		
Titik Ukur	Standart	Hasil Ukur
Atas – Tanah	$1\text{ kV} / 1\text{ M}\Omega$	$137.000\text{ M}\Omega$
Tengah – Tanah	$1\text{ kV} / 1\text{ M}\Omega$	$52.000\text{ M}\Omega$
Bawah - Tanah	$1\text{ kV} / 1\text{ M}\Omega$	$124.000\text{ M}\Omega$
Fasa R		
Titik Ukur	Standart	Hasil Ukur
Atas – Tanah	$1\text{ kV} / 1\text{ M}\Omega$	$176.000\text{ M}\Omega$
Tengah -Tanah	$1\text{ kV} / 1\text{ M}\Omega$	$48.000\text{ M}\Omega$
Bawah - Tanah	$1\text{ kV} / 1\text{ M}\Omega$	$142.000\text{ M}\Omega$
Fasa T		
Titik Ukur	Standart	Hasil Ukur
Atas – Tanah	$1\text{ kV} / 1\text{ M}\Omega$	$169.000\text{ M}\Omega$
Tengah - Tanah	$1\text{ kV} / 1\text{ M}\Omega$	$43.000\text{ M}\Omega$
Bawah - Tanah	$1\text{ kV} / 1\text{ M}\Omega$	$121.000\text{ M}\Omega$

3.5.3. Pengukuran standart harga minimal tahanan isolasi

Standart harga minimal hasil pengukuran tahanan isolasi suatu peralatan dapat dihitung dengan rumus pendekatan :

$$R = \frac{(1000 \cdot U)}{Q} \cdot U \cdot 2,5 \quad (8)$$

Dimana :

R = Tahanan isolasi minimal

U = Tegangan kerja

Q = Tegangan Megger

1000 = Bilangan tetap

2,5 = Faktor keamanan (apabila baru)

Jadi untuk menentukan standart harga minimal dapat dihitung :

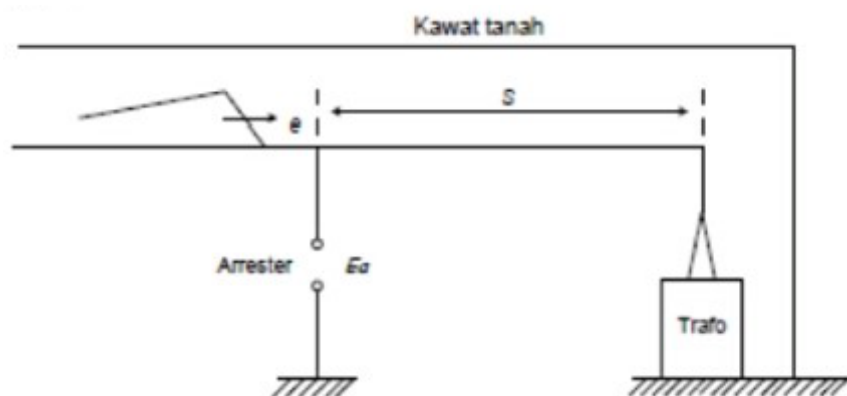
$$\begin{aligned} R &= \frac{(1000 \cdot 500)}{5000} \cdot 500 \cdot 2,5 \\ &= 5000 \cdot 2,5 \\ &= 125000 \, \Omega \\ &= 0,125 \, M\Omega \end{aligned}$$

Standart harga minimal 0,125 MΩ

3.6 Penentuan Letak Optimum Lightning Arrester

3.6.1. Jarak maksimum arrester dan transformator yang dihubungkan dengan saluran udara.

Perlindungan yang optimum adalah saat arrester ditempatkan dengan jarak tertentu, yaitu dimana jarak arrester tidak boleh terlalu dekat ataupun terlalu jauh, tetapi dalam praktek arrester ditempatkan dengan jarak S dari peralatan yang dilindungi. Jarak maksimum tersebut ditentukan agar mendapatkan hasil yang baik dari kinerja arrester.



Menentukan jarak maksimum dari arrester terhadap trafo jika dihubungkan dengan saluran udara dapat dilihat pada gambar 4, jika arrester dihubungkan dengan saluran udara maka dianggap sebagai jepitan terbuka, untuk menentukan jarak maksimum arrester dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$E_p = \text{Tingkat isolasi dasar trafo (kV)}$$

$$E_a = \text{Tegangan pelepasan dari arrester} / \text{Tegangan kerja arrester (kV)}$$
$$A = \text{Kecuraman gelombang datang (kV / } \mu\text{s)}$$
$$S = \text{Jarak antara Lightning Arrester dengan alat yang dilindungi (m)}$$
$$v = \text{Kecepatan merambat gelombang impuls (m}/\mu\text{s)}$$

PAYUM
Twr No: 01-24 / 7.5 km
TACSR 2X410mm

2 1

ABB AB EXLM P150-GV170 83kVA
MICAFL WE170 M
COELME CBO-E170 3150A 40kA
ABB IMS 170 3000²A
ABB LTS 170D1B 3150A 40kA
COELME CSD 170 3150A 40kA

ABB AB EXLM P150-GV170 83kVA
HAFELY TRENCH 181A
COELME CBO-E 3150A 40kA
ABB IMS 170 3000²A
ABB LTS 170D1B 3150A 40kA
COELME CSD 170 3150A 40kA

A-BCC SEF170 mcr100 2150A 20kA
S-COELME SDC 2000A 40kA
ALSTOM GQ13 F140K1P 3150A 40kA
CG IOK170/32S152 150-300-2000-4000²A
OHIO BRASS PH 31700²-132 10kA
TRAP1 CG PAULWJ 60 MVA 15C KV/22 KV IMP: 12.12% WYNDFD CTN 30KV CG IOK170 150-300²A CTN 20KV SADTEM B10 100-2000²SA

COELME SDC 1800A 40kA
ABG S1 170FP1 3150A 40kA
ABB IMED 170M 150-300-1000-2000²A
ABB EXLM P144-H170 20kA
TRAP2 GEC ALTHOM - 60 MVA 15C KV/22 KV IMP: 12.30% WYNDFD

Dari gambar 5 tersebut serta hasil dari penelitian pada Gardu Induk Wonogiri 150 kV diketahui bahwa arrester 1 bay trafo 1 dengan merk *OHIO BRASS*, dan

arrester 2 bay rayum 2 dengan merk *ABB AB EXLIM* dan untuk trafo yang dianalisa adalah trafo 1 merk *CG PAUWELS* berikut merupakan data dari trafo 1 :

- a) Trafo 1
- | | |
|--------------------|------------------|
| Merk | : <i>CG</i> |
| Type | : <i>PAUWELS</i> |
| Tegangan sistem | : <i>150 kV</i> |
| Daya transformator | : <i>60 MVA</i> |
| BIL transformator | : <i>650 kV</i> |
- b) Lightning arrester 1 yang terpasang pada bay trafo 1.
- Arrester 1 terpasang sebelum trafo tenaga (Apabila dilihat dari ujung saluran) sebagai pengaman khusus trafo. Jarak arrester 1 dan trafo di lapangan adalah *3 m*.
- c) Lightning Arrester 2 yang terpasang pada bay rayum 2.
- Arrester 2 terpasang pada ujung saluran untuk melindungi peralatan sistem jaringan pada gardu induk, khususnya pada sistem jaringan busbar / line. Jarak arrester 2 dan trafo di lapangan adalah *25 m*.
- 3.6.3. Perhitungan jarak optimum lightning arrester dengan peralatan yang dilindungi.
- Diketahui tegangan sistem peralatan adalah sebagai berikut, tegangan tranmisi yaitu *150 kV* dengan mempunyai BIL *650 kV*. Arrester melindungi trafo dengan tegangan pelepasan / tegangan kerja dari arrester *500 k*, misalkan percobaan surja yang datang merambat menuju peraltan yang dilindungi arrester dengan kecepatan *300 m / μdt* , berapakah jarak maksimum arrester terhadap peralatan yang dilindungi, sehingga semua peralatan pada gardu induk terlindungi dari bahaya surja petir.
- Diketahui :
- $E_p = 650 \text{ kV}$
- $E_a = 500 \text{ kV}$
- $A = 1000 \text{ kV}$
- $v = 300 \text{ m} / \mu s$
- Ditanya : S (jarak optimum antara arrester dengan trafo) ?

Surja petir sebesar $1000 \, dv/dt$, lalu dihitung secara otomatis di peroleh jarak optimum adalah sebesar :

$$\begin{aligned}
 E_p &= E_a + 2 \frac{A S}{V} \\
 650 &= 500 + 2 \frac{1000 \cdot S}{300} \\
 650 &= 500 + 6,67S \\
 -6,67S &= 500 - 650 \\
 -6,67S &= -150 \\
 -S &= -22,48 \\
 S &= 22,48 \, m
 \end{aligned}$$

Jadi jarak optimum antara arrester dengan trafo yaitu $S = 22,48 \, m$ sedangkan jarak S yang terpasang pada Gardu Induk Wonogiri $150 \, kV$ untuk arrester 1 bay trafo 1 yaitu $3 \, m$ sedangkan untuk arrester 2 bay rayum 2 yaitu $25 \, m$.

4. PENUTUP

Setelah dilakukan analisa & perhitungan dalam menentukan jarak optimum lightning arrester dengan peralatan yang dilindungi, maka didapatkan jarak optimum dari perhitungan antara arrester dengan peralatan adalah 22,48 m sedangkan dalam kenyataan di lapangan arrester 1 bay trafo 1 yang terpasang sebelum trafo adalah 3 m (apabila dilihat dari ujung saluran) dan arrester 2 bay rayum 2 yang terpasang pada ujung saluran dengan sejumlah peralatan (diambil dari jarak trafo tenaga) sejauh 25 m. Untuk jarak arrester 1 perlindunganya dikatakan baik untuk melindungi peralatan trafo karena masih dibawah nilai maksimum dan tidak efisien untuk melindungi peralatan yang ada di saluran (Busbar / Line), sedangkan untuk arrester 2 kurang baik untuk melindungi trafo karena sangat jauh diatas jarak maksimum maka dari itu arrester 2 lebih efisien untuk melindungi peralatan yang ada di sekitar saluran (Busbar / Line).

PERSANTUNAN

Ucapan puji syukur dan terima kasih kepada Allah SWT dan rasul Nya yang telah memberikan kelancaran bagi penulis dan juga penulis mengucapkan terima kasih kepada orang tua Ayah dan Ibu yang telah berkorban agar penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dan menjadi Strata 1. Proses penulisan tugas akhir ini diselesaikan dengan sebaik – baiknya, penulis mengucapkan terimakasih juga kepada Bapak Aris Budiman S.T M.T. yang telah menjadi dosen pembimbing dalam proses penulisan tugas akhir Analisa Optimasi Penentuan Letak Optimum Lightning Arrester pada Gardu Induk Wonogiri 150 kV, terimakasih juga untuk para pegawai dari Gardu Induk Wonogiri 150 kV yang telah memberikan bimbingan saat melakukan penelitian tugas akhir, terimakasih juga buat teman – teman yang telah memeberikan dukungan dan semangat dalam proses penulisan tugas akhir.

DAFTAR PUSTAKA

- A.L. Orille-Fernandez, S.B. Rodriguez, Ma.A.G. Gotes, 2004, Optimizing of Surge Arrester Location, International Journal of IEE Explore Transcation of Power Delivery, Volume 19, Issue 1.
- Eduard Bulich-Massage, Andrea Sumper, Roberto Villafalia-Robies, Joan Rull-Duran, 2015, Optimizing of Surge Arrester Location in Distribution Networks, Interntional Journal of IEE Explore Transcation on Power Delivery, Volume 30, Issue 2.
- Eresto Perez, Andres Delgadillo, Diego Urritia, Horacio Torres, 2007, *Optimizing Arrester Location for Improing Lghtning Induced Voltage Perforance of Distribution Networks*, International Journa of IEE Explore.
- Mbunwe Muncho Josephine & Gbasouzor Austin Ikechukwu, 2017, *Performance of Surge Arrester Installation to Enchane Protection*. International Journal of Astes, Volume 2, Issue 1, Page no 197-205,2017.
- Seyed Ahmad Hosseini and Taghi Barforoshi, 2015, *Impact of Surge Number and Placement on Relliability and Lightnnig Overvoltage Level in High Voltage Substantion*. International Journal of Electrical Power & Energy System, Volume 65.